

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010/2011

Michal Bajer

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Prvky a parametry ovlivňující kvalitu obrazu DVB signálu
DVB features description

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Dne

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Markovi Dvorskému, Ph.D. za čas, který věnoval mé práci a za jeho rady a pomoc při vypracování této práce.

Abstrakt

Cílem první části této práce je přiblížit různé metody příjmu digitálního televizního vysílání, popsat základní princip vysílání a zhodnotit hlavní výhody a nevýhody jednotlivých metod, jak z hlediska provozovatele, tak z pohledu koncového uživatele.

V druhé části práce je cílem zhodnotit, jaké prvky a parametry mají vliv na přijímanou kvalitu obrazu digitálního televizního vysílání z hlediska koncového uživatele. Jedná se o ty části, které může koncový uživatel ovlivnit, jako například polarizaci a druh antény, použitou kabeláž a konektory.

V závěrečné části jsou zpracovány výsledky měření, které by mělo ukázat, zda skutečnost odpovídá teoretickým předpokladům.

Klíčová slova: digitální televizní vysílání, OFDM, MPEG, přijímací anténa, konektory, koaxiální kabel, BER, DVB-T

Abstract

The first part of this thesis is about to present various methods of receiving digital video broadcasting, to describe the basic principle of broadcasting and evaluate the advantages and disadvantages of each method from both the operators and user's perspective.

The second part is about to assess what elements and parameters affecting the receiving video quality of digital video broadcasts from user's perspective. These are the parts that can be affected by user, such as polarization and the type of antenna, cabling and connectors used.

The final part presents the results of measurements, which should indicate whether the fact corresponds to the theoretical assumptions.

Key Words: digital video broadcasting, OFDM, MPEG, receiving antenna, connectors, coaxial cable, BER, DVB-T

Seznam použitých symbolů a zkratek

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	
APSK	Amplitude and Phase Shift Keying	Klíčování s posuvem amplitudy i fáze
BER	Bit Error Ratio	Bitová chybovost
CBER	Channel Bit Error Rate	
COFDM	Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing	Kódový ortogonální frekvenčně dělený multiplex
DVB	Digital Video Broadcasting	Digitální televizní vysílání
DVB-C	Digital Video Broadcasting-Cable	Digitální kabelové televizní vysílání
DVB-H	Digital Video Broadcasting-Handheld	Digitální televizní vysílání pro mobilní zařízení
DVB-NGH	Digital Video Broadcasting – Next Generation Handheld	
DVB-RCS	Digital Video Broadcasting – Return Channel via Satellite	
DVB-S	Digital Video Broadcasting-Satellite	Digitální satelitní televizní vysílání
DVB-SH	Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds	
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial	Digitální pozemní televizní vysílání
EPG	Electronic Program Guide	Elektronický programový průvodce
HDTV	High-Definition Television	Televize ve vysokém rozlišení
IP	Internet Protocol	
LDTV	Low-Definition Television	Televize v nízkém rozlišení
MER	Modulation Error Ratio	Modulační chybovost
MPEG-2	Moving Pictures Experts Group-2	
MPEG-4	Moving Pictures Experts Group-4	
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ortogonální frekvenčně dělený multiplex
PC	Personal Computer	Osobní počítač
PDA	Personal Digital Assistant	Osobní příruční počítač
PSK	Phase Shift Keying	Klíčování s posuvem fáze

PVC		Polyvinylchlorid
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Kvadrurní amplitudová modulace
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Kvadrurní klíování s posuvem fáze
SDTV	Standard-Definition Television	Televize ve standardním rozlišení
SFN	Single Frequency Network	Jednokmitočtová síť
SNR	Signal to Noise Ratio	
STA		Společná televizní anténa
TDM	Time Division Multiplexing	Časově dělený multiplex
UHF	Ultra High Frequency	Ultra krátké vlny
UV	UltraViolet	Ultra fialové záření
VBER	Viterbi Bit Error Rate	
VHF	Very High Frequency	Velmi krátké vlny
WiFi	Wireless Fidelity	
Ω		Impedance [ohm]

Obsah

1. Úvod	1
2. Digitální vysílání DVB	2
2.1 Digitální pozemní vysílání DVB-T	2
2.1.1 Výhody a nevýhody pozemního příjmu	3
2.1.2 Druhy příjmu signálu DVB-T	4
2.1.3 Kompresní formát MPEG-2	4
2.1.4 Modulační metoda OFDM	5
2.2 Digitální satelitní vysílání DVB-S	7
2.2.1 Výhody a nevýhody satelitního příjmu	7
2.3 Digitální kabelové vysílání DVB-C	9
2.3.1 Výhody a nevýhody kabelového příjmu	9
2.4 Digitální vysílání pro mobilní zařízení DVB-H	9
2.4.1 Výhody a nevýhody příjmu DVB-H	10
2.5 Satelitní internet DVB-RCS	11
3. Prvky a parametry ovlivňující kvalitu obrazu DVB.....	12
3.1 Přijímací antény.....	14
3.1.1 Vlastnosti přijímacích antén.....	14
3.1.2 Typy přijímacích antén pro DVB-T	15
3.2 Kabely a konektory	19
3.2.1 Vlastnosti kabelů.....	19
3.2.2 Konektory.....	20
3.3 Citlivost vstupních dílů set-top boxů.....	21
3.4 Parametry pro objektivní posouzení kvality přijímaného signálu	22
3.4.1 Přijímací úroveň.....	22

3.4.2 Bitová chybovost - BER	22
3.4.3 Modulační chybovost - MER	23
3.4.4 Signal to Noise Ratio - SNR	23
3.5 Vliv jednotlivých prvků přijímacího řetězce na kvalitativní parametry signálu	23
4. Ověření teorie v praxi.....	25
4.1 Měření vlivu konektorů na přijímanou úroveň signálu	25
4.2 Vliv polarizace přijímací antény	32
4.3 Ověření citlivosti set-top boxu	34
5. Závěr	36
Literatura.....	37
Seznam příloh.....	39

1. Úvod

Téma této práce jsem si vybral z toho důvodu, že v České republice právě probíhá postupná digitalizace televizního pozemního vysílání. Tato práce přináší ucelený přehled dostupných DVB technologií, se zhodnocením jejich výhod a nevýhod.

S nástupem digitálního televizního vysílání má divák, který doposud přijímal analogový signál, možnost zvážit, jestli chce dále přijímat pozemní televizní vysílání, nebo přejít k jiným způsobům příjmu. V první části této práce se věnuji základní charakteristice technologie DVB a popisu vzniku digitálního signálu. Dále se zabývám popisem čtyř hlavních druhů příjmu digitálního televizního signálu, které jsou v České republice dostupné. Zaměřuji se na základní informace o tom, co je potřeba pro příjem daného způsobu vysílání a na popis, jak to s digitálním vysíláním vypadá dnes, s výhledem na jejich možný vývoj do budoucna.

V další části se věnuji tomu, jaké faktory, které může ovlivnit koncový uživatel, nejvíce ovlivňují kvalitu přijímaného obrazu. Mezi ně patří hlavně výběr použité antény a její polarizace a dále kabely a konektory použité k přívodu signálu od televizní antény až do koncového přijímače.

Na závěr provádím praktické měření, které ověřuje teoretické předpoklady a zhodnocuje, které části přijímacího řetězce mají největší vliv na kvalitu digitálního obrazu šířeného prostřednictvím DVB-T.

2. Digitální vysílání DVB

DVB (Digital Video Broadcasting) je mezinárodní konsorcium vytvořené televizními společnostmi, výrobci, vývojáři softwaru, síťovými operátory, vývojáři softwaru, regulačními organizacemi a dalšími zástupci, celkem 260 členy z 35 států celého světa. Vzniklo v roce 1993 a od té doby se specifikace DVB staly normami v oblasti digitální televize po celém světě. DVB nabízí různé úrovně kvality televizního vysílání, od nízké kvality LDTV (Low-Definition Television), přes standardní kvalitu SDTV (Standard-Definition Television) až po vysokou kvalitu vysílání HDTV (High-Definition Television). Také umožňuje přenášet různé kvality zvuku, od monofonního zvuku, přes stereofonní až po prostorový zvuk 5.1 Dolby Digital.^[1]

Rozlišují se 4 druhy DVB vysílání:

- DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) – Digitální pozemní vysílání
- DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite) – Digitální satelitní vysílání
- DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable) – Digitální kabelové vysílání
- DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld) – Digitální vysílání pro mobilní zařízení

Pro příjem digitálního vysílání je nutné mít televizi s integrovaným tunerem pro daný způsob vysílání nebo mít zakoupený set-top box, který zajišťuje převod digitálního signálu na signál, který umí televize bez tuneru zpracovat, tedy signál analogový.

2.1 Digitální pozemní vysílání DVB-T

(Digital Video Broadcasting – Terrestrial)

DVB-T je standard digitálního televizního vysílání přes pozemní vysílače. Princip DVB-T spočívá v digitalizaci vstupních obrazových a zvukových signálů. Tyto signály jsou společně komprimovány do dnes nejpoužívanějšího formátu MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group-2). Komprimovaný signál určený pro televizní kanál se poté kóduje kanálově, tzn. je opatřen zabezpečovacími bity proti poruchám a to i za cenu zvětšení redundance (nadbytečnosti). Komprimace umožňuje mnohem lepší využití frekvenčního spektra. Místo jedné analogové stanice přenášené v jednom televizním kanálu (8 MHz v České republice) se v tomto kanále vysílá multiplex. V jednom multiplexu lze přenášet tři až pět televizních stanic ve standardní kvalitě SDTV a několik rozhlasových stanic. Multiplex není přenášen na jedné nosné, ale na tisících nosných v modulačním systému OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) a používají se digitální více-stavové modulace m-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) a QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Systém digitální televize může využít

možnost šíření více televizních programů na jedné frekvenci více vysílači, tzv. síť SFN (Single Frequency Network).

Dnes vysílají v České republice 4 multiplexy:

1. Multiplex (veřejnoprávní): ČT1, ČT2, ČT24, ČT4 Sport, 7 rozhlasových stanic
2. Multiplex: Nova, Nova Cinema, Prima, Prima Cool, Barrandov
3. Multiplex: Prima Love, Public TV, Rádio Proglas
4. Multiplex (testovací vysílání ve formátu MPEG-4) : ČT HD, Nova HD, Óčko TV

2.1.1 Výhody a nevýhody pozemního příjmu

Výhody:

- zvýšení počtu programů, nové stanice
- zvýšení kvality obrazu a zvuku při stejných požadavcích na frekvenční pásmo
- možnost přenosu několika zvukových doprovodů (mono, stereo, prostorový zvuk Dolby Digital AC3)
- zlepšení kvality příjmu v oblastech s odrazy
- menší nároky na výkon vysílačů
- EPG (Electronic Program Guide) - elektronický programový průvodce
- možnost vnitřního přenosného a mobilního příjmu
- odstranění zrnění obrazu a „duchů“
- možnost vybudování jedno-kmitočtových sítí SFN
- možnost používat přenosné přijímače, např. v pohybujících se dopravních prostředcích

Nevýhody:

- nutnost zakoupit set-top box nebo televizor s digitálním tunerem
- při silném rušivém efektu může dojít k úplnému výpadku obrazu i zvuku
- pro provozovatele – investice do vybudování vysílací sítě

2.1.2 Druhy příjmu signálu DVB-T

DVB-T vysílání poskytuje několik různých variant příjmu signálu ^[1]:

1. Pevný příjem (FX):

Příjem se směrovou anténou na střeše budovy, při výpočtu intenzity pole pro pevný příjem se za reprezentativní výšku považuje výška přijímací antény 10 metrů nad zemí. Předpokládá se použití směrových přijímacích antén.

2. Přenosný příjem:

- a) **Vnější (PO, třída A)** – příjem přenosným přijímačem s připojenou nebo vestavěnou anténou ve vnějším prostředí mimo budovu, s anténou v max. výšce 1,5 metru nad zemí.
- b) **Vnitřní (PI, třída B)** – příjem přenosným přijímačem s připojenou nebo vestavěnou anténou uvnitř budovy ve výšce max. 1,5 metru nad úrovní podlahy místnosti.

3. Mobilní příjem (MO):

Příjem při pohybu s jednoduchou všesměrovou anténou umístěnou v max. výšce 1,5 metru nad zemí, nebo diverzitní příjem použitím diverzitního přijímače a více všesměrových antén pro zamezení Dopplerova efektu kmotočtového posuvu.

2.1.3 Kompresní formát MPEG-2

Pro přenos videosignálu je potřeba tento signál zakódovat. Kódování digitální televize upravuje data k lepšímu přenosu i příjmu a je rozděleno na 2 druhy. První částí je zdrojové kódování, jehož úkolem je připravit data pro přenos, zbavit je přebytečných informací (irelevancí) a zabezpečit je k transportu. Druhou částí je kanálové kódování, které zajišťuje přenos dat po různých cestách, kterými jsou kabel, satelit a antény.

Video je tvořeno sekvencí obrázků, které lidské oko vnímá jako pohyb. K vytvoření tohoto pohybu používá film 25 snímků za sekundu, to je 90 000 snímků za hodinu a to představuje pro digitální techniku obrovské množství dat (216 - 270 Mbit/s). Kdybychom chtěli

přenášet bitový tok 216 Mbit/s potřebovali bychom pásmo široké 216 MHz. Taková šířka pásma je ale neuskutečnitelná pro síť pozemních vysílačů.

Abychom mohli digitální televizní signál přenášet pozemními vysílači a to ještě účinněji při několika programech v šířce pásma 8 MHz (standardní šířka pásma pro 1 analogový program v České republice), je potřeba jej komprimovat, tj. zmenšit bitovou rychlost na 4-15 Mbit/s.

Pro komprimaci signálu se používá zdrojové kódování. Nejrozšířenějším standardem pro toto kódování je dnes formát MPEG-2, který se používá pro obrazový i zvukový signál. Je to druhá generace standardu, který vznikl v roce 1991. ^{[1][2]}

2.1.4 Modulační metoda OFDM

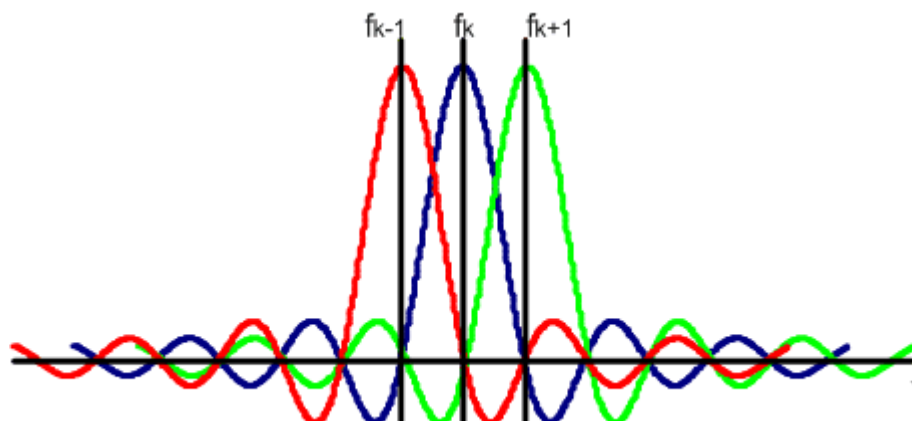
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) je širokopásmová modulace využívající kmitočtové dělení kanálu. Pracuje s tzv. rozprostřeným spektrem, kdy je signál vysílán na více nezávislých frekvencích, což zvyšuje odolnost vůči rušení (interferenci).

Modulační metoda OFDM je založena na použití několika stovek až tisíců nosných kmitočtů. Nosné jsou modulovány podle potřeby různě robustními modulacemi QPSK, 16-QAM nebo 64-QAM. Jednotlivé nosné jsou vzájemně ortogonální, to znamená, že maximum každé nosné se překrývá s minimy ostatních, jak je vidět na obr. 2.1. Datový tok celého kanálu se tak dělí na stovky dílčích datových toků jednotlivých nosných. Protože jsou ve výsledku toky na jednotlivých nosných malé, je možné vkládat ochranný interval - čas, kdy se nevysílá žádná nová informace. ^[4]

Na přijímací straně je tak možné nerušeně přijmout právě vysílaný symbol, i když přichází k přijímači více cestami s různým zpožděním. Jedna z cest může být přímá a druhá cesta může vzniknout při odrazu od nějaké překážky (kopce, budovy), nebo jako signál z jiného vysílače v případě sítě SFN. Do místa příjmu tedy dorazí dva signály, jeden přímý a druhý odražený. Odražený signál má vzhledem k přímému signálu různé časové zpoždění, různou amplitudu i fázi. Stejný symbol přijatý vícekrát s různým zpožděním tak může odpovídat přímému i odraženému signálu nebo signálu z jiných vysílačů. Přijímané výkonové úrovně z více vysílačů nebo odrazů se tak na přijímací straně do jisté míry sčítají.

Hlavní výhodou modulace OFDM je to, že při příjmu televizního vysílání nevadí odrazy signálu. Naopak vlivem odrazů se může kvalita příjmu zvětšit. U televizního vysílání to

znamená možnost mobilního příjmu a odstraňuje potřebu použití směrových antén pro zabránění několikanásobných obrysů obrazu ve vodorovném směru tzv. „duchů“, které vznikají v analogovém televizním příjmu. ^[1]



Obr. 2.1: Spektrum OFDM ^[3]

Jednofrekvenční síť SFN

Zkratkou SFN (Single Frequency Networks) se označuje několik vysílačů, které vysílají naprosto stejný datový obsah, se stejnými technickými parametry, na stejném kmitočtovém kanále. ^[5] Hlavní výhodou tohoto systému je efektivní využití kmitočtového pásma, protože několik geograficky blízkých vysílačů může vysílat na stejném kmitočtu, což u analogových vysílačů nebylo možné, neboť by se navzájem rušily.

Digitální pozemní vysílání DVB-T2

DVB-T2 je standard digitálního televizního vysílání přes pozemní vysílače. Vychází z původního standardu DVB-T a umožňuje přenos vysílání ve vysokém rozlišení HDTV. Využívá kompresní formát MPEG-4 (Moving Pictures Experts Group-4), který je nástupcem MPEG-2.

Přenosová kapacita DVB-T2 multiplexu je až 40 Mbit/s, v reálném provozu se však počítá s rychlostí okolo 30 Mbit/s. Vejdou se do něj 4 kanály v plném HDTV rozlišení (8-11 Mbit/s), nebo 12 kanálů ve standardním rozlišení SDTV (2,5 Mbit/s).

Přechod z DVB-T na DVB-T2 bude snadnější a levnější než přechod z analogového vysílání na DVB-T, protože bude možné využít stávající strukturu vysílačů a antén. Bude nutné

vyměnit pouze modulátory signálu. Zatím není rozhodnuto, kolik multiplexů bude vytvořeno a jestli se budou vysílat pouze HDTV obsah nebo i dnes běžný SDTV. DVB-T2 není kompatibilní s DVB-T technologií, proto bude nutné pro příjem DVB-T2 bude zakoupit set-top boxy podporující MPEG-4.^[6]

Dne 19. května 2010 bylo provedeno první testovací vysílání DVB-T2 v České republice a to ze žižkovského vysílače v Praze.

2.2 Digitální satelitní vysílání DVB-S

(Digital Video Broadcasting – Satellite)

DVB-S je otevřený standard pro vysílání a příjem digitalizovaného audia, videa a dat prostřednictvím satelitu, s využitím technologie MPEG-2 a modulace QPSK.

Princip DVB-S spočívá ve vysílání digitálního televizního signálu z antén umístěných na družicích. Družice se nacházejí na geostacionární dráze, přibližně 36 tisíc km nad zemským povrchem. Pohybují stejnou rychlostí jako je rychlost otáčení Země a tím si udržují stále stejnou pozici. Tím je zajištěno stálé pokrytí stejné části zemského povrchu. Pro příjem je nutný satelitní přijímač a parabolická anténa s konvertorem.^{[7][8]}

2.2.1 Výhody a nevýhody satelitního příjmu

Výhody:

- možnost příjmu v oblastech se špatným pokrytím pozemním signálem nebo tam, kde nejsou kabelové rozvody
- velká nabídka televizních programů a rozhlasových stanic
- stovky neplacených televizních programů, většinou se jedná o německy nebo anglicky vysílající programy
- digitální kvalita obrazu i zvuku
- elektronický programový průvodce (EPG)
- 100% pokrytí České republiky signálem, při správném nasměrování antény lze přijímat satelitní vysílání na kterémkoliv místě v ČR

Nevýhody:

- anténě nesmí nic bránit ve výhledu na družici (panelové domy, vzrostlé stromy, skály)
- nutnost umístit parabolickou anténu na jižní nebo západní část domu s přímým výhledem na oblohu
- vyšší pořizovací náklady na vybavení
- změny počasí, při intenzivních bouřkách může být příjem zhoršený nebo zcela nemožný

Možnosti příjmu DVB-S v České republice:^[9]**Skylink** - Česko-slovenská satelitní platforma

- družice: Astra 3A a Astra 3B (23,5° východně)

CS Link - česká satelitní platforma

- družice: Astra 3A a Astra 3B (23,5° východně)

Digi TV - mezinárodní satelitní platforma

- družice: Intelsat 10-02 (1° západně)

UPC Direct - placená satelitní služba

- družice: Thor 5 a Thor 6 (0,8° západně)

Digitální satelitní vysílání DVB-S2

DVB-S2 je nový standard pro satelitní digitální vysílání ve vysokém rozlišení HDTV. V ČR probíhá řádné vysílání na satelitu Astra 3B (23,5° východně) na platformě Skylink.

Díky využití kompresního algoritmu MPEG-4 a použití modulací 8PSK (Phase Shift Keying), 16APSK (Amplitude and Phase Shift Keying) a 32APSK je možno dosahovat až 30% zvýšení přenosové kapacity DVB-2S oproti DVB-S za stejných přenosových podmínek.

2.3 Digitální kabelové vysílání DVB-C

(Digital Video Broadcasting – Cable)

Digitální televizní vysílání přes síť kabelových televizí. Pro programy v běžné kvalitě se používá komprese MPEG-2 a modulační metoda 64-QAM, pro programy ve vysokém rozlišení HDTV je používána komprese MPEG-4.

Pro příjem kabelového vysílání je potřeba mít set-top box nebo přijímač s vestavěným DVB-C tunerem a přípojku digitální kabelové televize. Na televizory s DVB-C tunerem je možné přijímat pouze nekódované televizní programy. Pokud je televizor vybaven zdířkou pro modul s dekódovací kartou, je možné přijímat i placené programy. Moduly a karty bývají spárované a dodávány poskytovatelem kabelového připojení.^[10]

2.3.1 Výhody a nevýhody kabelového příjmu

Výhody:

- větší šířka pásma než u analogové televize, to umožňuje větší výběr programů
- příjem programů ve vysokém rozlišení HDTV
- EPG - elektronický programový průvodce
- změny počasí nemají vliv na kvalitu signálu
- odpadají problémy s anténou a pokrytím v dané lokalitě

Nevýhody:

- omezená dostupnost především v menších městech a vesnicích
- nutnost použití set-top boxu dodávaného společností u které je služba objednaná

2.4 Digitální vysílání pro mobilní zařízení DVB-H

(Digital Video Broadcasting – Handheld)

DVB-H je služba, která umožňuje příjem digitálního televizního vysílání na bateriová zařízení, jako jsou mobilní telefony nebo osobní příruční počítače PDA (Personal Digital Assistant). Je realizována na stejném principu jako DVB-T, vysílá se z televizního vysílače.

Pro zobrazení se používá displej mobilního zařízení. DVB-H využívá techniku tzv. time-slicing, která umožňuje přijímat televizní signál jen po zlomek času, který je nutný k příjmu

dat a šetřit tím energií baterií. Mobilní zařízení mají menší rozlišení displeje než televizní obrazovka a proto není nutné přenášet tak velké datové toky jako v případě DVB-T.

Díky bitovému toku 384 kbit/s na jeden televizní program a použité kompresi MPEG-4 může jeden multiplex obsahovat až 40 televizních programů.

V Evropě se již uskutečnilo několik pilotních projektů zkušebního vysílání v systému DVB-H. V současnosti jsou služby spojené s DVB-H nabízeny např. v Itálii, Nizozemsku, Rusku, Rakousku, Švýcarsku, Finsku a Indii.

V České republice proběhlo testování DVB-H na území města Prahy v průběhu října a listopadu 2006. Na tomto pilotním projektu spolupracovala řada technologických partnerů a dodavatelů obsahu. Signál byl šířen prostřednictvím sítě společnosti České Radiokomunikace a.s. ze strahovského vysílače.

Dlouhodobý test systému DVB-H probíhá na území města Ostravy v období od 1. 10. 2010 do 31. 12.2012. Od září 2010 probíhá v areálu VŠB-TUO první dlouhodobé pilotní vysílání.^{[11][12]}

2.4.1 Výhody a nevýhody příjmu DVB-H

Výhody:

- možnost příjmu nabízených služeb prostřednictvím mobilních telefonů nebo PDA pro vnitřní i venkovní příjem
- delší životnost baterií, nízká spotřeba přijímacího zařízení

Nevýhody:

- malé rozměry displeje (360 x 288 obrazových bodů)
- málo zařízení podporujících tuto službu

Digitální vysílání pro mobilní zařízení DVB-H2

V roce 2007 byla vytvořena studie, která by prozkoumala možnosti DVB-H2 jako potenciálního nástupce DVB-H, ale později byla odložena. V listopadu 2009 byl založen nový systém DVB-NGH (Digital Video Broadcasting – Next Generation Handheld), který by vylepšil a nahradil stávající standard DVB-H. Standard by měl být dokončen v roce 2011 a první zařízení podporující DVB-NGH by mělo být vydáno v roce 2013.^[13]

DVB-SH (Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds) je služba, která poskytuje data a mediální obsah založený na IP (Internet Protocol) protokolu mobilním zařízením jako například mobilním telefonům a PDA pomocí kombinované satelitní a pozemní sítě.^[14]

Rozlišují se 2 druhy:

- SH-A - používá COFDM modulaci pro satelitní i pozemní síť
- SH-B - používá TDM modulaci pro satelitní síť a COFDM modulaci pro pozemní síť

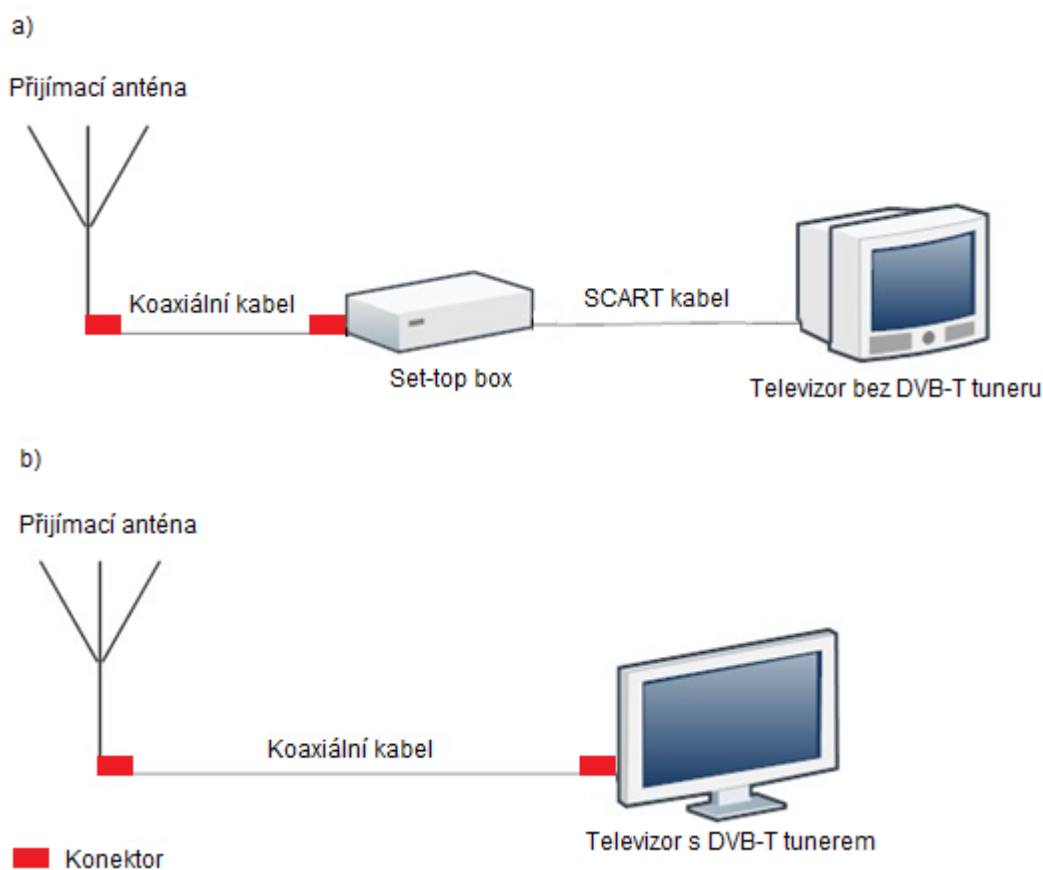
2.5 Satelitní internet DVB-RCS

(Digital Video Broadcasting – Return Channel via Satellite)

DVB-RCS je část standardu pro satelitní komunikaci DVB-S a DVB-S2. Účelem je poskytovat zpětný kanál, a tak umožnit připojení vysokorychlostního Internetu a datových služeb přes satelit. DVB-RCS nabízí alternativní metodu k pozemnímu kabelovému nebo ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) internetovému připojení hlavně v oblastech, kde není vybudována potřebná infrastruktura^[15].

3. Prvky a parametry ovlivňující kvalitu obrazu DVB

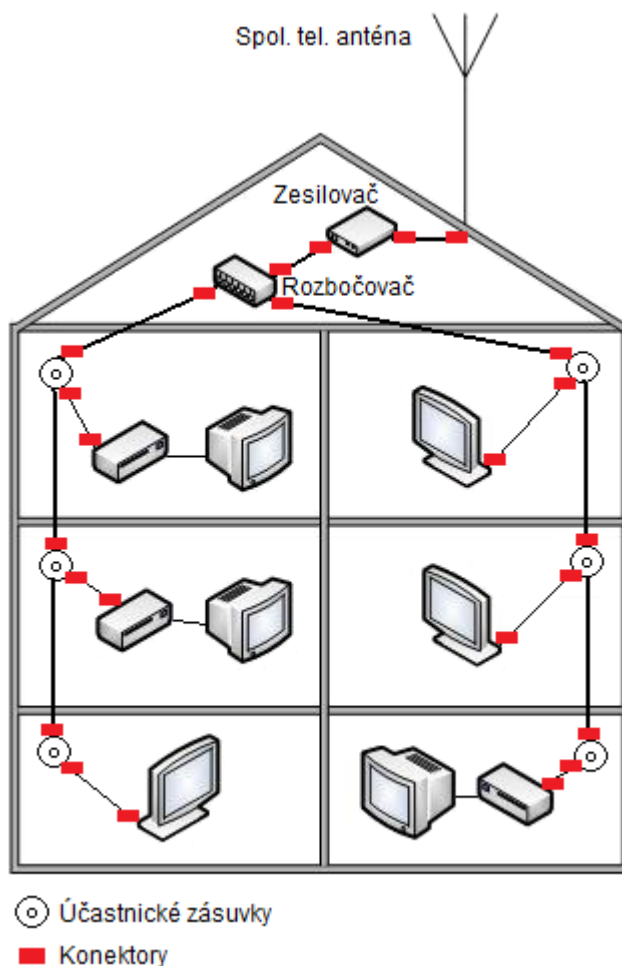
Pro příjem kvalitního signálu DVB-T, který zaručí výborný obraz a zvuk, je zapotřebí dodržet jistá pravidla. Na přijímací straně existuje několik částí, na kterých může docházet ke zhoršení kvality signálu. Jedná se hlavně o antény, konektory a použitou kabeláž. Na obr. 3.1 je zobrazeno základní zapojení pro příjem DVB-T signálu s použitím set-top boxu (a). V případě, že je televizor vybaven DVB-T tunerem, je možné set-top box v zapojení vynechat (b). V obrázku jsou také naznačeny místa, kde je potřeba použít konektor, tzn. místa, kde by mohlo docházet k degradaci signálu.



Obr. 3.1: Schéma zapojení DVB-T

Pokud uživatel žije v panelovém domě, je jednou z možností, jak přijímat digitální vysílání, společná televizní anténa (STA). Ta zajišťuje signál pro větší počet bytových jednotek v jednom domě. Při přechodu z analogového na digitální signál musí každá STA projít úpravou. O způsobu úpravy a o tom, zda se STA vůbec upraví, rozhoduje majitel nebo správce domu a

uživatel nemá na úpravy vliv. Obrázek 3.2 ukazuje zapojení se STA. Tento způsob příjmu není cílem této práce, a proto se jím nebudu dále zabývat.



Obr. 3.2: Zapojení se STA

Jednou ze základních podmínek pro kvalitní příjem je použít správně polarizovanou anténu se správnými parametry, v závislosti na tom, v jaké oblasti chceme signál přijímat (polarizace, síla signálu, množství odrazů, rušení). Nejvhodnější pro příjem DVB-T signálu jsou střešní antény. Digitální vysílání používá stejné polarizace jako vysílání analogové, tzn. horizontální a vertikální polarizaci. Platí, že přijímací anténa by měla mít stejnou polarizaci jako vysílač, na který je zaměřena. V oblastech se silným signálem je možné přijímat signál i s opačně nastavenou polarizací antény, ale kvalita signálu je mnohem nižší. V oblastech, které jsou více vzdálené od vysílače, se doporučuje použít antény směrové. Celkový zisk antény by měl být kolem 10 dBd ve IV. televizním pásmu a 12 dBd v V. televizním pásmu. V oblastech

blízko vysílače postačují i antény s nižším ziskem, naopak ve větší vzdálenosti, případně v horském prostředí je potřeba použít anténu se ziskem větším než 12 dBd. Zejména v horských oblastech, kde dochází k mnoha odrazům, bude časový rozdíl příchozích signálů na přijímací anténu větší než ochranný interval. Proto se doporučuje použít úzce směrovou anténu s větším ziskem (18 dBd). Směrovost antény zajistí potlačení nežádoucích odrazů^[1].

Dalším prvkem je použitá kabeláž a konektory. Pro rozvody analogového i digitálního televizního signálu se nejčastěji používají koaxiální kabely (obr. 3.8). Je důležité věnovat výběru vhodného kabelu dostatečnou pozornost, protože jeho špatný výběr může mít za následek zhoršení kvality signálu, případně jeho výměnu už po několika letech. Důležitá je také trasa, po které je kabel veden od antény k přijímači. Při instalaci v novostavbě by měl mít koaxiální kabel pro televizní rozvod vlastní drážku a vzdálenost mezi ním a elektrickým rozvodem by měla být 10-15 cm. Pokud by byl kabel veden ve stejné drážce jako elektrický rozvod, případně byl ještě s elektrickými rozvody propleten, vznikalo by na něm vlivem indukce rušení a kvalita signálu by se výrazně degradovala.

3.1 Přijímací antény

3.1.1 Vlastnosti přijímacích antén

Směrovost antény

Je to vlastnost, kdy anténa přijímá signál z jednoho směru lépe než z ostatních směrů. Toto je důležité z toho důvodu, že signál se v místě příjmu zpravidla skládá z přímého signálu od vysílače a ze signálu odraženého od nějaké překážky. Oba tyto signály jsou navzájem časově posunuty, a pokud je posuv signálu větší než čas trvání ochranného intervalu, mohlo by docházet k rušení příjmu a zhoršení kvality obrazu.

Součinitel směrovosti (D)

Udává, kolikrát musíme zvýšit výkon vysílače při přechodu z měřené antény (směrové) na referenční (všesměrovou), abychom dosáhli v libovolném místě příjmu stejné intenzity pole jako s anténou měřenou.

Činitel zpětného příjmu

Je to poměr napětí na svorkách antény při příjmu ve směru hlavního maxima k napětí při příjmu ve směru maxima největšího postranního laloku v zadní části směrového diagramu.

Zisk (G [dB])

Udává, kolikrát větší napětí dodá na své svorky anténa přijímající ve směru svého hlavního maxima v porovnání s referenční anténou.

Vstupní impedance (Z [Ω])

Je to poměr napětí k proudu na svorkách antény. Impedance má vliv na přizpůsobení antény k napáječi. Je žádoucí, aby byla čistě reálná. V televizní technice má většina antén impedanci 300 Ω , ta se u svorek transformuje na impedanci kabelu, která je obvykle 75 Ω .

Frekvenční širokopásmovost

Zisk a impedance antény je závislá na frekvenci přijímané vlny. Širokopásmovost udává, v jakém rozsahu se může měnit přijímaný kmitočet, aniž by se výrazně změnily vlastnosti antény. Pro příjem DVB-T se vyrábějí antény pro příjem kanálů VHF (Very High Frequency; 6. - 12. kanál) a UHF (Ultra High Frequency; 21. - 69. kanál).

3.1.2 Typy přijímacích antén pro DVB-T

Jednoduché antény

Pokožové antény

Na pokojovou anténu (obr. 3.3) lze zachytit pouze silný signál z blízkého vysílače. Pokojová anténa je pouze náhražka a je vhodné ji použít pouze v případě, že není možnost instalace venkovní antény nebo nelze využít signál ze společné televizní antény. Takové antény jsou velmi náchylné na rušení, jako například pohyb osob po bytě, stahování hliníkových žaluzií a rušení od dalších spotřebičů v domácnosti (pračka, lednička, žárovky, mobilní telefony). Pokojová anténa by se měla umístit co nejdále od možných zdrojů rušení a co nejblíže k oknu.



Obr. 3.3: Pokojová anténa

Panelové antény

Jedná se o další náhražku plnohodnotné venkovní antény. Lze je využít v místech se silným signálem, zejména ve městech. Jsou určeny pro montáž za okno nebo na balkón. Ukázka panelové antény je na obr. 3.4.



Obr. 3.4: Panelová anténa

Směrové antény

Pro příjem DVB-T se nejčastěji používají venkovní směrové antény. Dělí se do několika skupin: antény typu patrová soustava, logaritmicko-periodické antény a Yagi antény.

Anténa typu patrová soustava

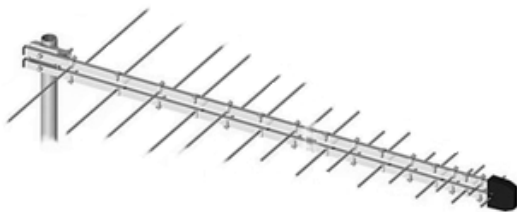
Jedná se o typ antény, který je vhodný jak pro příjem analogového, tak i digitálního signálu. Tato anténa, (obr. 3.5), se skládá z reflektoru a zářiče. Potlačení příjmu z boku a ze zadního směru závisí na hustotě reflektoru a je zpravidla stejně jako směrovost nižší než u antény typu Yagi. Pokrývá celé pásmo UHF.



Obr. 3.5: Anténa typu patrová soustava

Logaritmicko-periodická anténa

Výhodou je velká frekvenční širokopásmovost, nevýhodou je nízká směrovost, nižší zisk a malé potlačení bočních příjmových laloků. Nejčastěji jsou vyráběny pro pásmo UHF s délkou do jednoho metru. Zisk antény je 9-12 dBd v závislosti na délce antény. Logaritmicko-periodické antény (obr. 3.6) jsou vhodné pro použití v oblastech se silnějším signálem, kde nevznikají odrazy.



Obr. 3.6: Logaritmicko-periodická anténa

Anténa typu Yagi

Skládají se z reflektoru, zářiče a direktorů. Hlavní vlastnosti jsou směrovost a zisk, které rostou s délkou ráhna a počtem direktorů. Antény tohoto typu jsou určeny zejména pro dálkový příjem. Zisk běžné antény Yagi je 8-14 dBd. Ukázka kanálové antény typu Yagi je na obr. 3.7.



Obr. 3.7: Anténa typu Yagi

3.2 Kabely a konektory

3.2.1 Vlastnosti kabelů

Útlum

Nejdůležitějším parametrem koaxiálního kabelu je jeho útlum, zejména pokud je vedení mezi anténou a přijímačem dlouhé několik desítek metrů. Kabely se vyrábějí v průměrech od 5 mm do 7 mm. Útlum kabelu nejvíce závisí na jeho průměru a frekvenci signálu a dále na jeho dalších vlastnostech, jako materiál jádra a podobně. Čím má kabel větší průměr, tím nižší je jeho útlum. Na krátké vzdálenosti se používá kabel s průměrem 5 mm, na delší vzdálenosti potom kabely s průměrem 6,5 nebo 7 mm, protože s rostoucí vzdáleností se útlum zvyšuje, stejně jako s rostoucí frekvencí. Útlum signálu se v závislosti na průměru a frekvenci pohybuje od 8 do 30 dB na sto metrů.

Stínění

Stínění bývá většinou dvojitě, a to hliníkovou fólií a opletením. Odstínění se udává v dB a na rozdíl od útlumu platí, že čím je větší, tím lépe. Pro kvalitní rozvody digitální televize se doporučuje stínění minimálně v rozmezí 95-102 dB. Pro většinu zapojení je dostačující použít kabel s dvojitým stíněním. Pokud ale rozvod vede kolem rušivých zařízení, jako jsou WiFi (Wireless Fidelity) routery, PC (Personal Computer) nebo pokud bude rozvod dlouho souběžný s elektrickými rozvody (případně s nimi propletený), vyplatí se použít koaxiální kabely s trojitým stíněním, které zajišťují vyšší ochranu proti rušení.

Materiál pláště

U kabelů, které jsou umístěny v místnostech nebo tam, kde nejsou vystaveny povětrnostním vlivům, záleží nejvíce na útlumu a stínění a materiálu pláště se nemusí věnovat taková pozornost. To ovšem neplatí u venkovních rozvodů, u kterých se vyplatí použít speciální kabely pro venkovní použití. Plášť je většinou z PVC (Polyvinylchlorid) a na kvalitě jeho zpracování závisí životnost kabelu a taky jeho použitelnost pro venkovní instalaci. Nejvhodnějším koaxiálním kabelem je ten, který nese označení UV (UltraViolet), protože by měl poskytovat ochranu před slunečním zářením. Při použití nekvalitního kabelu, nebo kabelu vhodného na vnitřní použití se jeho životnost ve venkovních podmínkách zkracuje pouze na několik let. Poté může dojít k popraskání izolace, do kabelu může vniknout vlhkost a nečistoty.

Tím dojde k znehodnocení parametrů kabelu, jeho útlum se prudce zvýší a je potřeba ho vyměnit.



Obr. 3.8: Vrstvy koaxiálního kabelu

Informace a obrázky v podkapitolách 3.1.2 a 3.2.1 byly čerpány ze zdroje ^[16].

3.2.2 Konektory

Nejběžněji používané konektory v televizní technice jsou televizní anténní IEC konektory. Vyrábí se několik typů, na obr. 3.9 je konektor úhlový, obr. 3.10 ukazuje konektor přímý.



Obr. 3.9: Úhlový konektor



Obr. 3.10: Přímý konektor

Nejvhodnějšími konektory pro zakončení koaxiálního kabelu jsou konektory typu F. Je doporučeno používat tlakové – kompresní typy, pokud nejsou k dispozici, je vhodnou náhradou krimpovací konektor (obr. 3.11). Nevýhodou těchto konektorů je to, že při spojení kabelu s konektorem dochází k deformaci dielektrika kabelu a tím ke zhoršení přenosových vlastností kabelů. Zcela nevhodné jsou šroubovací konektory (obr. 3.12), kde se konektor nasazuje spirálovým pohybem na odizolovaný konec kabelu. U výběru konektorů opět platí, že by měly být stíněné ^[1].



Obr. 3.11: Krimpovací konektor, typ F



Obr. 3.12: Šroubovací konektor, typ F

3.3 Citlivost vstupních dílů set-top boxů

Přijímač by měl být schopen pracovat ještě se vstupní úrovní 73,8 dBμV, což je -35 dBm. Optimální úroveň vstupního signálu na vstupu set-top boxu by se měla pohybovat v rozmezí 45 až 65 dBμV, tj. -63,8 až -43,8 dBm. Přehled citlivosti nejprodávanějších set-top boxů ukazuje tabulka 3.1. Jak je z přehledu vidět, všechny zde uvedené set-top boxy mají velké rezervy na obou koncích doporučeného rozsahu. Parametry byly převzaty z manuálů k jednotlivým výrobkům.

Výrobce	Typ	Úroveň vstupního signálu	Frekvenční rozsah
ECG	DVT 850	-15 až -70 dBm	174 MHz ~ 230 MHz (VHF)
			470 MHz ~ 862 MHz (UHF)
Evolve	DT-1205	-15 až -70 dBm	174 MHz ~ 230 MHz (VHF)
			470 MHz ~ 862 MHz (UHF)
Evolve	DT-3010HD	-25 až -82 dBm	170 MHz ~ 230 MHz (VHF)
			470 MHz ~ 860 MHz (UHF)
Optex	ORT 8944-2T	-20 až -90 dBm	174 MHz ~ 860 MHz (UHF a VHF)
Optex	ORT 8819	-20 až -75 dBm	174 MHz ~ 860 MHz (UHF a VHF)
Strong	SRT 55	-20 až -78 dBm	174 MHz ~ 230 MHz (VHF)
			470 MHz ~ 862 MHz (UHF)

Tabulka 3.1: Tabulka citlivosti nejprodávanějších DVB-T set-top boxů

3.4 Parametry pro objektivní posouzení kvality přijímaného signálu

3.4.1 Přijímací úroveň

Úroveň signálu se měří spektrálním analyzátozem. Minimální hodnota přijímací úrovně by měla být 45 dBμV (-62 dBm). Maximální hodnota by se měla pohybovat do 70 dBμV (-37 dBm). Pokud by byla úroveň signálu větší než uvedené maximum, mohla by způsobit přebuzení vstupních částí přijímačů ^[1].

3.4.2 Bitová chybovost - BER

Bitová chybovost BER (Bit Error Ratio) je jedním z nejdůležitějších parametrů při vyhodnocování kvality digitálního signálu. Je definována jako poměr počtu chybně přijatých symbolů m k celkovému počtu vyslaných symbolů n za určitou dobu měření (3.1).

$$BER = \frac{m}{n} \quad [\text{bezrozměrná veličina}] \quad (3.1)$$

Měření chybovosti BER se provádí před Viterbiho dekodérem, kde se měří chybovosti přenášeného datového toku před korekcí (CBER - Channel Bit Error Rate) nebo za Viterbiho dekodérem, kde se měří chybovost po korekci osamocených chyb v datovém toku (VBER – Viterbi Bit Error Rate). Pro účely měření kvality signálu digitálního televizního vysílání se obvykle měří hodnota BER za Viterbiho dekodérem.

Bitová chybovost před korekcí (CBER)

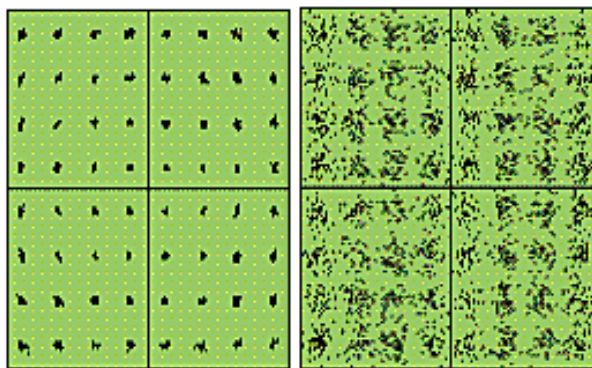
Hodnota parametru CBER by měla být pro stabilní příjem menší než $2 \cdot 10^{-2}$ ^[18].

Bitová chybovost po korekci (VBER)

Rozhodující parametr pro kvalitní přijímaný signál je hodnota VBER. Podle vyhlášky je referenční hodnota pro bezporuchový příjem $2 \cdot 10^{-4}$, tj. 2 chybné bity z každých 10 000 ^[17]. Pro optimální příjem by měla být tato hodnota alespoň o 2 řády nižší, tedy $2 \cdot 10^{-6}$ ^[18].

3.4.3 Modulační chybovost - MER

Parametr MER (Modulation Error Ratio) vystihuje kvalitu přijímaného signálu z hlediska kvality digitální modulace. Výsledná hodnota MER na přijímací straně závisí na MER na vysílači, vyjadřuje se v dB. Hodnota MER má vliv na velikost výsledné hodnoty BER. Jeho velikost závisí na typu použité modulace. Minimální požadovaná hodnota v České republice pro modulaci 64 QAM je 22 až 24 dB, optimální je hodnota $\text{MER} \geq 25$ dB. Pro modulaci 16 QAM jsou potom minimální hodnoty 16 až 18 dB, optimální hodnota je ≥ 19 dB^[18]. Dle vyhlášky je doporučená hodnota pro bezporuchový příjem $\text{MER} \geq 22$ dB^[17]. Na obrázku 3.13 je konstelační diagram, kde obrázek vlevo ukazuje silný signál (body jsou ostré a ve správných polohách) a obrázek vpravo ukazuje signál slabý (body jsou rozmazané a téměř spolu splývají, toto vzniká při šumu nebo špatné polarizaci přijímací antény).



Obr. 3.13: Konstelační diagram, vlevo silný signál (34 dB), vpravo slabý signál (21 dB)^[19]

3.4.4 Signal to Noise Ratio - SNR

SNR udává poměr mezi úrovní užitečného signálu a úrovní šumu. Jeho hodnota se vyjadřuje v dB. Digitální přijímače požadují určitou minimální hodnotu SNR, aby mohl být signál správně dekodován.

3.5 Vliv jednotlivých prvků přijímacího řetězce na kvalitativní parametry signálu

Každá část přijímacího řetězce může mít velký vliv na kvalitu signálu. Při špatné polarizaci antény dochází k poklesu úrovně signálu, a pokud je přijímaná úroveň menší, než jaká je minimální požadovaná hodnota úrovně set-top boxu, může dojít k tomu, že přístroj

nebude schopen signál dekodovat. Pokud bude přijímaná úroveň signálu příliš velká, dojde k přebuzení vstupních obvodů přijímače a vzniknou tzv. intermodulační produkty, které způsobují zkreslení signálu. Anténa přináší do přenosového řetězce vždy kladné hodnoty zisku. Každá anténa má vlastní zisk, který může být ještě zvýšen vložení zesilovače. Konektory a koaxiální kabely vnášejí do řetězce vždy zápornou hodnotu útlumu. Pokud jsou nestíněné, zvyšují pravděpodobnost elektromagnetické indukce a tím vzniku rušné a šumu, který se sčítá s užitečným signálem. Dochází tak ke zvýšení chybovosti BER a přijímač nemusí být schopen správně dekodovat signál. To se může projevit „kostičkováním“ nebo zamrzáním obrazu, výpadkům zvuku, nebo může dojít k úplné ztrátě obrazu i zvuku. Tabulka 3.2 ukazuje zisky vybraných antén, útlumy kabelů a další parametry, které se objevují v přijímacím řetězci.

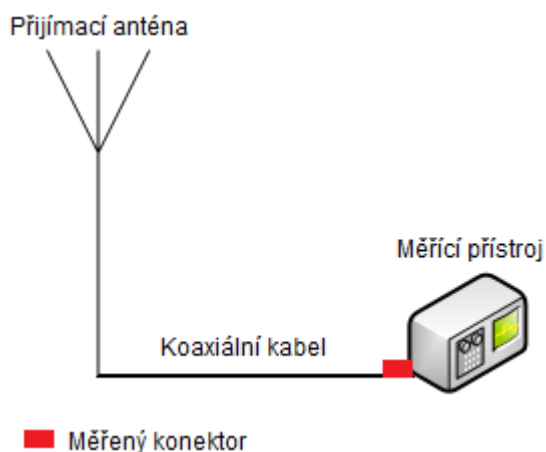
-	Popis, typ	-
Zisk antény	Anténa patrová soustava	11 – 13 dBd
	Logaritmicko-periodická	9 – 12 dBd
	Anténa Yagi	8 – 14 dBd
Útlum koaxiálního kabelu	450 MHz/100m, 5 mm, typ 3C2V / typ CB500	30,5 / 20,2 dB
	650 MHz/100m, 5 mm, typ 3C2V / typ CB500	37,2 / 24,1 dB
	860 MHz/100m, 5 mm, typ 3C2V / typ CB500	43,5 / 28 dB
	450 MHz/100m, 6,5 mm, typ CB100F	14,1 dB
	650 MHz/100m, 6,5 mm, typ CB100F	17,5 dB
	860 MHz/100m, 6,5 mm, typ CB100F	20,5 dB
Útlum stíněním u koaxiálního kabelu	10-800 MHz, typ 3C2V / typ CB500	65 / 75 dB
	10-800 MHz, typ CB100F	75 dB
Citlivost set-top boxů	dle typu a výrobce	-15 až -90 dBm

Tabulka 3.2: Přehled parametrů přijímacího řetězce

4. Ověření teorie v praxi

4.1 Měření vlivu konektorů na přijímanou úroveň signálu

Pro ověření teoretických předpokladů jsem provedl měření digitálního pozemního vysílání. Měření proběhlo před budovou N v areálu VŠB-TUO. Přijímací anténa byla zaměřena na televizní vysílač v Ostravě-Hošťálovicích (frekvence 738 MHz, kanál 54). Výška přijímací antény byla 2 metry nad zemí. Provedl jsem měření s šesti typy konektorů při horizontální polarizaci přijímací antény. Každé měření jsem prováděl přibližně 10 minut, abych zabránil vlivu krátkodobých změn signálu. Při měření jsem pracoval s přístrojem DIGITAL SAT&TV METER SEFRAM 7825. Schéma zapojení je zobrazeno na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Schéma zapojení při měření vlivu konektorů

Naměřené hodnoty jednotlivých konektorů jsou uvedeny v tabulkách 4.1 až 4.6. Obrázky 4.2 až 4.7 potom ukazují jednotlivé měřené konektory. Rozdíly v útlumu signálu jsou ve sloupci označeném A [dB]. Měření jsem prováděl v několika dnech, proto jsem musel naměřené hodnoty přijímané úrovně normovat, vždy k nejsilnější hodnotě signálu v daném dni. Grafické porovnání vlivu jednotlivých konektorů na útlum signálu je na obrázku 4.8.

Měření konektoru F, kovový, šroubovací, typ FAS 6,5:



Obr. 4.2: Konektor FAS 6,5

FAS 6,5			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
1,0	5,7 E-5	2 E-9	28,9
1,1	5,6 E-5	2 E-9	28,7
0,9	4,7 E-5	2 E-9	28,9
1,0	4,6 E-5	1 E-9	28,2
1,1	5,7 E-5	2 E-9	28,6
1,3	5,3 E-5	2 E-9	27,9
1,2	-	-	-
1,1	-	-	-
1,2	-	-	-
1,1	-	-	-

Tabulka 4.1: Přehled hodnot při měření na konektoru typu FAS 6,5

Konektor se nasazuje kroutivým pohybem přímo na plášť kabelu a jádro se nijak neupevňuje. Konektor vykazoval průměrný útlum 1,1 dB. Krimpovací konektory typu F jsou doporučeny.

Měření konektoru SAU 30, plastový, přímý:



Obr. 4.3: Konektor SAU 30

SAU 30			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
2,3	2,5 E-5	2 E-9	31,1
2,2	2,1 E-5	1 E-9	30,5
2,1	2,0 E-5	9 E-10	31,5
2,3	1,8 E-5	2 E-9	30,2
2,2	1,1 E-5	2 E-9	30,6
2,2	1,8 E-5	1 E-9	31,6
2,3	-	-	-
2,2	-	-	-
2,4	-	-	-
2,3	-	-	-

Tabulka 4.2: Přehled hodnot při měření na konektoru typu SAU 30

Jádro koaxiálního kabelu se upevňuje do tohoto konektoru pomocí malého šroubku. Konektor se dá rozebrat na jednotlivé části a upevnění kabelu je pohodlné. Konektor vykazoval průměrný útlum 2,3 dB.

Měření konektoru ASW 01, plastový, úhlový:



Obr. 4.4: Konektor ASW 01

ASW 01			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
1,3	7,2 E-5	9 E-9	29,2
1,2	7,7 E-5	9 E-10	29,5
1,1	7,1 E-5	9 E-9	29,7
1,2	7,5 E-5	6 E-9	29,5
1,3	7,6 E-5	9 E-9	29,2
1,4	6,9 E-5	9 E-10	29,5
1,3	-	-	-
2,7	-	-	-
2,4	-	-	-
2,6	-	-	-

Tabulka 4.3: Přehled hodnot při měření na konektoru typu ASW 01

Konektor se dá rozložit na několik částí, některé jsou docela malé a při montáži by se mohly ztratit. Jádru se upevňuje pomocí šroubku. Průměrný útlum konektoru je 1,7 dB.

Měření konektoru COAX SOCKET, plastový, úhlový:



Obr. 4.5: Konektor COAX SOCKET

COAX SOCKET			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
0,7	3,2 E-5	2 E-9	29,7
0,6	3,1 E-5	1 E-9	29,4
0,8	3,6 E-5	1 E-9	29,2
0,8	2,9 E-5	2 E-9	29,4
0,7	3,8 E-5	1 E-9	29,5
0,4	4,0 E-5	1 E-9	29,8
0,1	-	-	-
0,0	-	-	-
0,4	-	-	-
0,3	-	-	-

Tabulka 4.4: Přehled hodnot při měření na konektoru typu COAX SOCKET

Jádro kabelu se do konektoru upevňuje šroubkem a celý kabel se potom dá upevnit pomocí kovové destičky, aby se zbytečně nehýbal. Tento typ je úhlový a hodí se do zapojení, kde není moc místa (např. je-li set-top box nebo televizor příliš blízko u stěny). Konektor vykazoval průměrný útlum 0,5 dB.

Měření konektoru CS 1005, kovový, úhlový:



Obr. 4.6: Konektor CS 1005

CS 1005			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
4,2	7,4 E-5	9 E-9	29,2
4,3	7,5 E-5	5 E-9	29,0
4,1	7,4 E-5	2 E-9	29,1
4,4	6,9 E-5	5 E-9	28,8
4,1	7,6 E-5	2 E-9	29,5
4,2	7,4 E-5	8 E-9	29,4
3,7	-	-	-
4,1	-	-	-
4,0	-	-	-
3,9	-	-	-

Tabulka 4.5: Přehled hodnot při měření na konektoru typu CS 1005

Kabel se vsunuje ze spodu a potom se jeho jádro uchyťí šroubkem, ke kterému je přístup ze zadní části konektoru. Výhodou je, že kabel v konektoru drží pevně a nehrozí jeho uvolnění. Nevýhodou tohoto konektoru je jeho vyšší cena, což je pochopitelné, vzhledem k tomu, že je celý kovový. Průměrný útlum konektoru je 4,1 dB.

Měření konektoru SAU 50, plastový, úhlový:

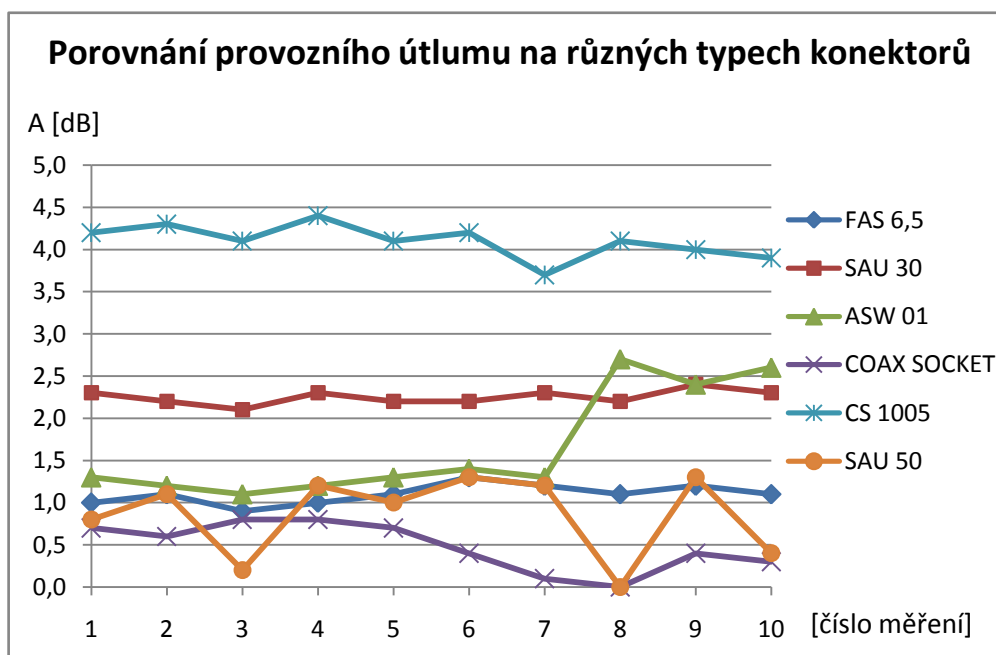


Obr. 4.7: Konektor SAU 50

SAU 50			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
0,8	8,1 E-5	3 E-9	27,2
1,1	7,0 E-5	2 E-9	27,4
0,2	6,9 E-5	1 E-9	26,2
1,2	7,1 E-5	1 E-9	27,5
1,0	9,0 E-5	1 E-8	27,6
1,3	7,2 E-5	9 E-9	26,9
1,2	-	-	-
0,0	-	-	-
1,3	-	-	-
0,4	-	-	-

Tabulka 4.6: Přehled hodnot při měření na konektoru typu SAU 50

Konektor není vzhledem ke svojí velikosti moc praktický (ze všech měřených konektorů je největší). Pro zapojení kde je málo místa, není tento konektor příliš vhodný. Upevnění kabelu je ovšem pohodlné a vzhledem k tomu, že se konektor skládá ze tří velkých částí, nehrozí, že nějaká při montáži ztratí. Průměrný útlum konektoru je 0,9 dB.



Obr. 4.8: Porovnání provozních útlumů na konektorech

Z grafu je patrné, že každý typ konektoru vnáší určitý útlum do přijímacího přenosového řetězce. Většinou se útlum jednotlivých konektorů neliší více než o 2 dB. Výjimku tvoří konektory SAU 30 a CS 1005, které se v hodnotě útlumu mírně liší od ostatních. Největší útlum vnáší do přenosového řetězce konektor typu CS 1005, na kterém vzniká útlum kolem 4 dB.

4.2 Vliv polarizace přijímací antény

Vysílač v Ostravě-Hošťálovicích vysílá s horizontální polarizací, a proto jsem předpokládal, že přijímaná úroveň signálu bude při horizontální polarizaci přijímací antény optimální. Tento předpoklad se ukázal jako správný. Při posuzování kvality obrazu digitálního vysílání je nejdůležitějším parametrem VBER, který při horizontální polarizaci přijímací antény dosahuje více než doporučené hodnoty, a to nejčastěji v řádech 10^{-9} (hodnota VBER se pohybovala v rozmezí 10^{-9} až 10^{-10}). Hodnota modulační chybovosti MER splňovala minimální požadavky na kvalitní signál (22 dB) a pohybovala se kolem 29 dB, což je pro kvalitní příjem dostačující.

Při vertikální polarizaci přijímací antény došlo k polarizačnímu nepřízpůsobení a tím vznikl útlum, který se pohyboval okolo 16 až 18 dB oproti hodnotě přijímané úrovně

s horizontální polarizací antény. Signál ovšem nebyl tak slabý, aby znemožnil příjem DVB-T, ale chybovosti BER a MER se velmi zhoršily. Parametr MER sice splňoval minimální požadavky na kvalitní signál daný vyhláškou, ale vzhledem k tomu, že se blížil své minimální hodnotě, negativně ovlivnil hodnotu VBER. Bitová chybovost VBER po celou dobu měření velmi kolísala a pohybovala se na hranici minimální doporučené hodnoty pro kvalitní příjem daný vyhláškou (při špatné polarizaci se VBER zhoršil o 4 až 6 řádů). Schéma zapojení, zaměření a výška přijímací antény je stejná jako v podkapitole 4.1. Tabulka 4.7 ukazuje naměřené hodnoty pro horizontální a vertikální polarizaci přijímací antény. V tabulce 4.8 je vidět vliv polarizačního nepřizpůsobení, kde jsou zobrazeny rozdíly, které vznikly špatnou polarizací antény.

Vliv polarizace přijímací antény							
Horizontální polarizace				Vertikální polarizace			
V [dBm]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]	V [dBm]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
-30,3	7,2 E-5	9 E-9	29,2	-47,8	3,2 E-3	4,5 E-5	25,5
-30,2	7,7 E-5	9 E-10	29,5	-48,0	3,9 E-3	5,2 E-4	24,9
-30,1	7,1 E-5	9 E-9	29,7	-48,2	4,7 E-3	5,0 E-4	25,4
-30,2	7,5 E-5	6 E-9	29,5	-47,5	5,2 E-3	5,1 E-5	25,5
-30,3	7,6 E-5	9 E-9	29,2	-47,9	4,9 E-3	6,2 E-5	25,3
-30,4	6,9 E-5	9 E-10	29,5	-47,6	3,7 E-3	5,2 E-4	24,9
-30,3	-	-	-	-46,9	-	-	-
-31,7	-	-	-	-47,3	-	-	-
-31,4	-	-	-	-47,8	-	-	-
-31,6	-	-	-	-47,7	-	-	-

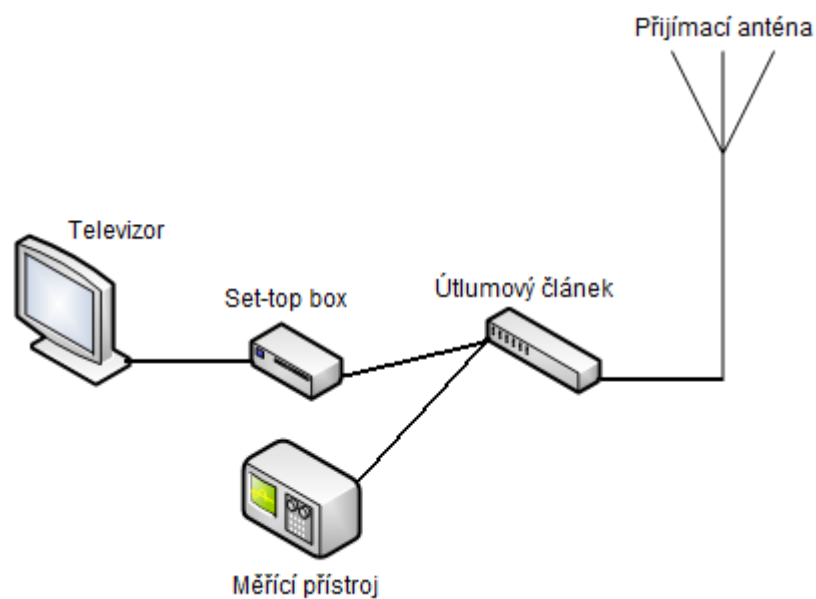
Tabulka 4.7: Vliv polarizačního nepřizpůsobení přijímací antény

Polarizační nepřizpůsobení			
A [dB]	CBER [-]	VBER [-]	MER [dB]
17,5	4,0 E-2	4,5 E-4	3,7
17,8	3,8 E-2	3,8 E-6	4,6
18,1	2,4 E-2	4,0 E-5	4,3
17,3	2,3 E-2	0,9 E-4	4,0
17,6	2,7 E-2	2,8 E-4	3,9
17,2	3,2 E-2	3,8 E-6	4,6
16,6	-	-	-
15,6	-	-	-
16,4	-	-	-
16,1	-	-	-

Tabulka 4.8: Polarizační nepřizpůsobení

4.3 Ověření citlivosti set-top boxu

V této části měření jsem ověřoval, zda se hodnoty citlivosti set-top boxu udávané výrobcem shodují s reálným provozem. Pro účely měření jsem využil set-top box umístěný v budově N, v areálu VŠB-TUO. Jedná se o typ Homecast T3102. Dle výrobce je citlivost přístroje -20 dBm až -90 dBm. Měření jsem provedl pomocí útlumového článku, který jsem zapojil mezi anténu a set-top box. Na útlumovém článku jsem postupně zvyšoval útlum a pozoroval kvalitu obrazu na televizoru. Skutečnou úroveň přijímaného signálu jsem zobrazoval pomocí měřicího přístroje SEFRAM 7825. Schéma zapojení je zobrazeno na obrázku 4.9. Výsledné naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.9.



Obr. 4.9: Schéma zapojení při měření citlivosti set-top boxu

Obrázek je normální	V obraze se objevují „kostičky“	Obrázek „kostičkuje“, zamrzává	Bez signálu
V [dBm]	V [dBm]	V [dBm]	V [dBm]
-71,4	-77,2	-80,1	-83,1
-71,5	-77,3	-81,1	-82,9
-70,9	-77,6	-81,2	-83,0
-70,7	-77,5	-80,9	-83,5
-71,2	-78,0	-81,3	-82,9
-72,3	-77,5	-80,7	-83,3

Tabulka 4.9: Citlivost set-top boxu Homecast T3102

Jak je vidět z tabulky, k prvnímu viditelnému zhoršení kvality digitálního obrazu došlo při hodnotě -77 dBm. Pro úplnou ztrátu signálu stačila hodnota přibližně -83 dBm, což je v rozporu s hodnotou, kterou uvedl výrobce.

5. Závěr

Cílem této práce bylo popsat jednotlivé druhy digitálního televizního vysílání a určit, jaké části přenosového řetězce, které může koncový uživatel ovlivnit, mají největší vliv na kvalitu obrazu šířeného pomocí pozemního televizního digitálního vysílání. Snažil jsem se zodpovědět na některé základní otázky, které se objevují v souvislosti s digitalizací televizního vysílání a přiblížit koncovým uživatelům, na co si dávat pozor, pokud chtějí mít zajištěn kvalitní příjem digitální televize šířené pomocí pozemních vysílačů.

Při měření jsem zjistil, že největší vliv na kvalitu digitálního obrazu má polarizace přijímací antény a její správné nasměrování. Vlivem polarizačního nepřizpůsobení vzniká nejen útlum signálu, ale i zhoršení všech ostatních parametrů, které mají zásadní vliv na kvalitu digitálního obrazu. Pro zajištění kvalitního příjmu by měla být použita správně polarizovaná střešní přijímací anténa a měla by být nasměrována na místo, ze kterého je schopna přijímat nejsilnější signál. Je také důležité použít vhodné koaxiální konektory, protože jak jsem zjistil, každý typ konektorů má jiný vliv na útlum přijímaného signálu a i při správné polarizaci antény by mohlo dojít k tomu, že úroveň signálu nebude dostatečná pro kvalitní příjem DVB-T. To by platilo zejména v oblastech se slabým pokrytím.

Tato bakalářská práce by měla doplňovat informace o digitálním televizním vysílání obsažené v pracích ostatních studentů, kteří se zabývali podobnou tematikou ve svých vlastních bakalářských nebo diplomových pracích.

Literatura

- [1] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. 286 s. ISBN 80-7300-204-3
- [2] ŠVIHEL, Petr. *Http://www.digizone.cz* [online]. 15. 6. 2006 [cit. 2011-03-03]. Do hlubin formátu MPEG-2. Dostupné z WWW: <<http://www.digizone.cz/clanky/do-hlubin-formatu-mpeg-2/>>
- [3] BUMBÁLEK, Z. *Http://access.feld.cvut.cz* [online]. 8. 2. 2010 [cit. 2011-03-03]. Modulační techniky v moderních bezdrátových sítích. Dostupné z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2010020004>>
- [4] MIKULÁŠTÍK, Karel. *RadioTV* [online]. 12. 10. 2004 [cit. 2011-03-01]. Pozemní digitální vysílání - princip OFDM. Dostupné z WWW: <http://www.radiotv.cz/p_radio/r_technika/pozemni-digitalni-vysilani-princip-ofdm/>
- [5] SAXON. *Http://www.parabola.cz* [online]. 31. 7. 2010 [cit. 2011-03-03]. Jednofrekvenční síť SFN a její příjem v praxi. Dostupné z WWW: <<http://www.parabola.cz/clanky/4022/jednofrekvencni-sit-sfn-a-jeji-prijem-v-praxi/>>
- [6] NÝVLT, Václav. *Http://technet.idnes.cz* [online]. 20. května 2010 [cit. 2011-03-03]. Chystá se přechod na moderní televizní vysílání DVB-T2. V Česku bude HD i 3D. Dostupné z WWW: <http://technet.idnes.cz/chysta-se-prechod-na-moderni-televizni-vysilani-dvb-t2-v-cesku-bude-hd-i-3d-los-/tec_video.asp?c=A100519_210544_tec_video_nyv>
- [7] SLOBODA, Dušan. *Http://www.parabola.cz* [online]. 1. 12. 2001 [cit. 2011-03-03]. Rychlost v digitálním satelitním příjmu - DVB-S. Dostupné z WWW: <<http://www.parabola.cz/abc/rychlost-v-dvb-s/>>
- [8] VRBA, Josef. *Http://www.dvb-t2.cz* [online]. 2011-02-18 [cit. 2011-03-03]. Satelit nebo pozemní vysílání. Dostupné z WWW: <<http://www.dvb-t2.cz/satelit-nebo-pozemni-vysilani>>
- [9] *Http://www.parabola.cz* [online]. 1. březen 2011 [cit. 2011-03-03]. Česky a slovensky ze satelitů. Dostupné z WWW: <<http://www.parabola.cz/cz-sk/>>

- [10] *Http://www.digiprijem.cz* [online]. c2008-2011 [cit. 2011-03-03]. DVB-C kabelové digitální vysílání. Dostupné z WWW:
<<http://www.digiprijem.cz/search.php?rsvelikost=sab&rtext=all-phpRS-all&rstema=6>>
- [11] DVORSKÝ, Marek. *Http://kat440.vsb.cz* [online]. 13. leden 2011 [cit. 2011-03-03]. Medziregionálna mobilná televízia v systéme DVB-H. Dostupné z WWW:
<http://kat440.vsb.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=175%3Advbh&catid=9%3Aobecn%C3%ADn%C3%ADnformace<=cs>
- [12] VYLEŤAL, Martin. *Http://www.parabola.cz* [online]. 8. 11. 2006 [cit. 2011-03-03]. DVB-H - test mobilní televize od T-Mobile. Dostupné z WWW:
<<http://www.parabola.cz/clanky/2349/dvb-h-test-mobilni-televize-od-t-mobile/>>
- [13] DVB-H. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-H>>
- [14] DVB-SH. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW:
<<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-SH>>
- [15] *Http://avsatcom.com* [online]. c2010 [cit. 2011-03-13]. DVB-RCS. Dostupné z WWW:
<<http://avsatcom.com/page8/page5/page5.html>>
- [16] *Http://www.digizone.cz/* [online]. c2005-2011 [cit. 2011-03-7]. Dostupné z WWW:
<<http://anteny.digizone.cz/>>
- [17] Česko. O způsobu stanovení pokrytí signálem zemského televizního vysílání. In *Sbírka zákonů 163/2008*. 2008, částka 51, s. 2126-2142
- [18] *Http://www.profidigital.cz* [online]. c2010 [cit. 2011-03-13]. Měření digitálních signálů DVB-T. Dostupné z WWW: <<http://www.profidigital.cz/homepage/56-mereni-digitalniho-signalu.html>>
- [19] *DIPOLNET* [online]. 14. červen 2010 [cit. 2011-04-02]. DIPOL Týdenní přehled. Dostupné z WWW: <http://newsletter.dipolnet.cz/dipol_tydenni_prehled_-_tv_a_sat_tv_cctv_wlan_inf_dipo_2010_24.htm>

Seznam příloh

- I. CD s elektronickou verzí bakalářské práce